

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ НИКЕЛЯ

Абзгильдин Я.А.

Руководитель – д.т.н., профессор Мулюков Х.Я.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт проблем сверхпластичности металлов

Российской академии наук, г. Уфа,

yamil87@bk.ru

Изменение формы и размеров металлических изделий чаще всего производят путем пластической деформации. В процессе пластической деформации происходит значительное измельчение зеренной структуры металлов и накопление различного рода дефектов, приводящих к повышению уровня внутренних напряжений.

Результаты электронно-микроскопических исследований высокого разрешения показывают, что на границах зерен узлы кристаллических решеток соседних зерен не совпадают и в этих местах образуются так называемые «свободные объемы». При уменьшении размеров зерен границы между ними будут занимать все большую долю объема деформированного металла и, следовательно, величина «свободного объема», возникающего из-за несовпадения узлов кристаллических решеток соседних зерен, будет возрастать. Следовательно, объем металла, подвергнутого интенсивной пластической деформации (ИПД) будет больше объема хорошо отожженного металла той же массы.

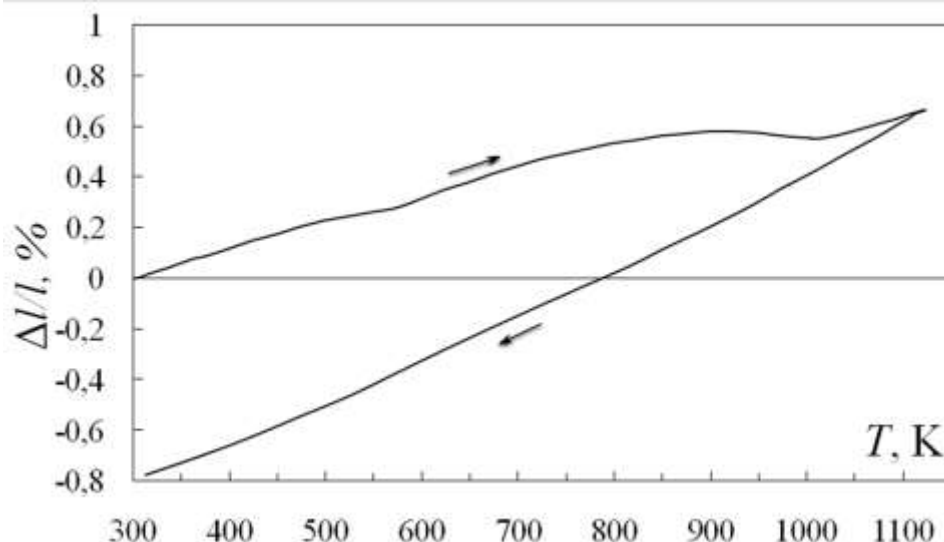
В литературе имеется небольшое количество работ [1-6], результаты которых подтверждают этот вывод. Так, в работе [1] показано, что длина образца Ni с субмикроструктурной структурой при нагревании до 373 К уменьшается на 1 мкм. Результаты работы [2] показывают, что плотность Ti после интенсивной пластической деформации уменьшается на 0,48%. Некоторое уменьшение плотности при интенсивной пластической деформации Ti и Cu обнаружено и в работах [3-5]. Заметное уменьшение длины наблюдалось при нагревании до 773 К и последующего охлаждения образца наноструктурного Co в работе [6].

Следует отметить, что в объяснении физической природы наблюдаемых эффектов в перечисленных выше работах нет единого мнения. В целях получения дополнительных данных для более ясного понимания обсуждаемого явления нами проводилось исследование температурной зависимости термического расширения Ni, подвергнутого ИПД.

Измерение термического расширения проводилось на dilatометре с

датчиком перемещения на основе дифференциального трансформатора. Кривые температурной зависимости термического расширения $\Delta l/l(T)$ записывались в интервале температур 290-1130 К со скоростью 10 К/мин.

Зависимости $\Delta l/l(T)$, записанные при нагревании и охлаждении деформированного образца приведены на рисунке.



Как видно, при нагревании сильнодеформированного образца наблюдается сложная зависимость термического расширения от температуры. До 500 К удлинение образца происходит по линейному закону, далее до 575 К оно замедляется, после чего снова начинается рост длины образца, который протекает с уменьшающейся скоростью до 900 К. При дальнейшем повышении температуры длина образца заметно сокращается, которое заканчивается при 1020 К. В интервале 1020 -1130 К длина образца опять увеличивается. При охлаждении образца наблюдается характерное для недеформированных металлов уменьшение его длины. В результате нагрева образца до 1130 К и последующего охлаждения до комнатной температуры его длина уменьшается примерно на 0,8%. Воспользовавшись формулой $\Delta V/V=3\Delta l/l$, для изменения объема образца получаем величину равную 2,4%.

Такой сложный характер кривой $\Delta l/l(T)$, записанной при нагревании образца, изготовленного из сильнодеформированного Ni, должен быть обусловлен сложной структурой, образованной при ИПД. Так, например, прямолинейный рост длины образца в интервале 300-500 К свидетельствует о том, что в процессе нагревания в его структуре заметных изменений не происходит. Отступление кривой $\Delta l/l(T)$ в интервале 500-575 К от прямолинейности должно быть связано с процессами возврата. Образованные при ИПД вакансии и дислокации приводят к некоторому увеличению объема образца. При исчезновении этих дефектов объем образца уменьшится на соответствующую величину, что и приводит к ослаблению его термического расширения. При температурах выше 680 К кривая $\Delta l/l(T)$ снова начинает отклоняться от

прямолинейности, что должно быть связано с началом рекристаллизации структуры. Из рисунка видно, что процесс рекристаллизации продолжается до 1010 К. Наиболее интенсивная рекристаллизация происходит в интервале температур от 900 К до 1010 К. Столь сильная усадка образца (уменьшение объема) в процессе рекристаллизации свидетельствует о том, что на границах зерен сосредоточено значительное количество «свободного объема». Разные наклоны прямолинейных участков кривых $\Delta l/l(T)$ в интервале температур 1010 – 1130 К при нагревании и при охлаждении образца указывают на незавершенность процессов рекристаллизации.

Таким образом, полученные результаты показывают высокую чувствительность кривой дилатации к структурным изменениям, происходящим в процессе нагревания сильнодеформированного образца. Ход этой кривой чётко показывает, при каких температурах происходят процессы возврата, когда начинается рекристаллизация, при каких температурах она протекает более интенсивно и когда заканчивается.

1. Mulyukov Kh.Ya., Khaphizov S.B., Valiev R.Z. Grain Boundaries and Saturation Magnetization in Submicron Grained Nickel. –Phys.stat.so.(a). 1992. v. 133. p. 447-454.
2. Салищев Г.А., Малышева С.П., Галеев Р.М., Мулюков Р.Р. Влияние больших пластических деформаций и рекристаллизационного отжига на плотность технического титана. –ФММ, 1996, т. 82, вып.2, с. 113-117.
3. Бетехтин В.И., Кадомцев А.Г., Sklenicka V., Saxl I. Нанопористость ультракристаллических алюминия и сплава на его основе. 2007. ФТТ. Т. 49. Вып. 10. С. 1787-1790.
4. Бетехтин В.И., Колобов Ю.Р., Нарыкова М.В., Кардашев Б.К., Голосов Е.В., Кадомцев А.Г. Механические свойства, плотность и дефектная структура субмикрокристаллического титана ВТ1-0, полученного после интенсивной пластической деформации при винтовой и продольной прокатках.- ЖТФ. 2011. Т. 81. Вып. 11. С. 58-63.
5. В.И. Бетехтин, Е.Д. Табачникова, А.Г. Кадомцев, М.В. Нарыкова, Р. Лаповок. Влияние противодавления при равноканальном угловом прессовании на образование нанопористости в ультрамелкозернистой меди –Письма в ЖТФ, 2011, том 37, вып. 16, с. 52-55.
6. И.Ш. Валеев, В.И. Сергеев, Х.Я. Мулюков. Термическое расширение кобальта в различных структурных состояниях – ФТТ, 2009, том 51, вып. 3, с. 558-561.